

СТРУКТУРА ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Зуй В.И.

Государственное предприятие «НПП по геологии», Минск, Беларусь

e-mail: zui@geology.org.by

Припятский прогиб – наиболее изученный в геотермическом отношении глубокий осадочный бассейн Беларуси с развитой соляной тектоникой. В его пределах зарегистрировано свыше 250 термограмм скважин, большинство из них относится к производственному каротажу. Они легли в основу составления карт распределения температуры и плотности теплового потока. В работе рассмотрены карты распределения температуры для глубин 2 и 4 км и теплового потока. Они отражают значительную площадную неоднородность распределения этих параметров. Показано, что в северной зоне прогиба как значения температуры, так и теплового потока вдвое превышают их величины в западной и южной частях структуры. Влияние соляной тектоники изучено на примере криптодиапира Тишковской площади, где вследствие «фокусировки» в ядре соляного купола поток достигает 100 мВт/м^2 и снижается за его пределами. Весьма кратко изложены данные определения радиогенной теплогенерации по немногочисленным образцам, отобранным из кристаллического фундамента.

Показано, что все выявленные месторождения нефти находятся внутри площади, ограниченной изолинией потока 55 мВт/м^2 , а два газоконденсатные месторождения – внутри зоны с тепловым потоком более 65 мВт/м^2 .

Ключевые слова: Припятский прогиб, геотермическое поле, распределение температуры, тепловой поток, радиогенная теплогенерация, нефтяные месторождения и тепловой поток.

The Pripyat trough belongs to deep sedimentary basin with developed salt tectonics, studied in geothermal respect within Belarus. More than 250 thermograms of boreholes were recorded within its limits and the most of them represent thermal logs. They were used to compile area maps of temperature and heat flow distribution. The temperature maps for depths of 2 and 4 km are considered in the paper. They reflect a sufficient areal nonuniformity in a distribution of these parameters. It was shown that in the northern zone of the trough both temperatures and heat flow values exceed twice those values within the western and southern parts of the structure. It was studied the influence of salt tectonics on an example of a salt dome of the Tishkovka field, where the heat flow reaches as high as 100 mW/m^2 due to “focusing” within the salt dome nucleus and becomes lower outside its limits. Data on radiogenic heat production are discussed very briefly based on not numerous rock samples selected from the crystalline basement.

It was shown that all known oil fields are located within the area limited by the isoline of 55 mW/m^2 and two gas-condensate deposits are located inside the area with heat flow exceeding 65 mW/m^2 .

Keywords: Pripyat trough, geothermal field, temperature distribution, heat flow, radiogenic heat production, oil fields and heat flow.

Введение

Припятский прогиб является наиболее изученной структурой Беларуси в геотермическом плане. Здесь термограммы зарегистрированы во многих нефтепоисковых скважинах, за его же пределами они имеются только в немногих мелких скважинах (обычно до 500 м), рис. 1. Вертикальными линиями изображено местоположение изученных скважин, их длины отражают глубины, до которых имеются термограммы.

Многолетними исследованиями [1-6] показано, что тепловое поле прогиба весьма неоднородно. Еще в ранних работах

Д.Г.Протасени [7-8] отмечалось, что в направлении от южного к северному борту наблюдается возрастание как температуры на сопоставимых глубинах, так плотности теплового потока.

Распределение температуры на глубине 2 км

В Припятском прогибе преобладают термограммы скважин производственного каротажа, полученные в условиях нарушенного бурением теплового режима. При этом отклонение зарегистрированной температуры от ее равновесных значений уменьшается с глуби-

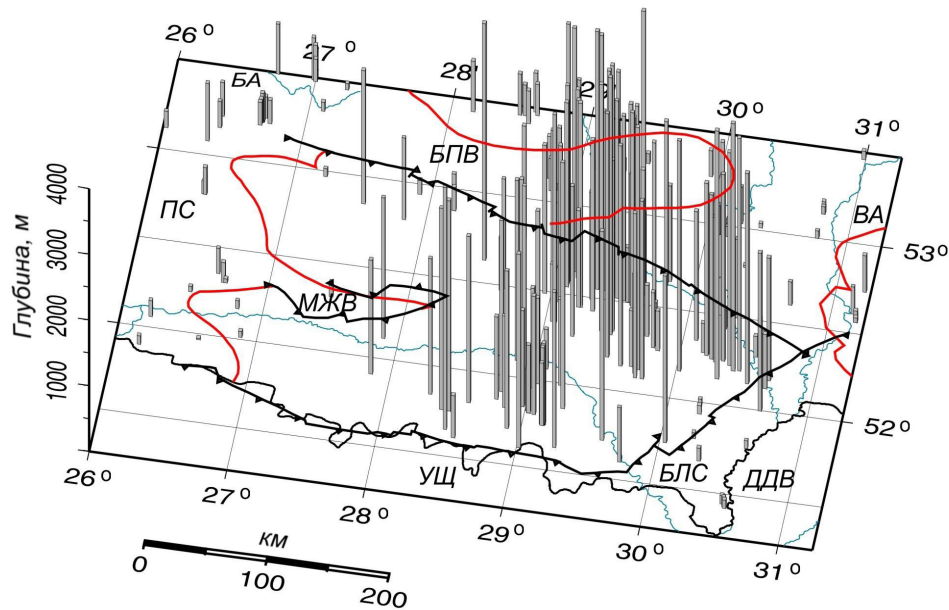


Рис. 1. Геотермическая изученность Припятского прогиба. Обозначения: БА, ВА – Белорусская и Воронежская антеклизы; БЛС, ПС – Брагинско-Лоевская и Полеская седловины; БПВ, МЖВ – Бобруйский погребенный и Микашевичско-Житковичский выступы; ДДВ – Днепровско-Донецкая впадина; УЩ –Украинский щит

ной. Доступные термограммы использованы для построения соответствующих карт распределения температуры на глубинах от 1 до 4 км, здесь рассмотрим две из них.

Карта для глубины 2 км построена по термограммам около 250 скважин, из них 35

кривых были экстраполированы на глубину 2 км. На карте наблюдается контрастность поля с двукратным превышением температуры в северной зоне прогиба по сравнению с более холодной юго-западной, оконтуренной изотермой 30°C, рис. 2. Аномалия северной

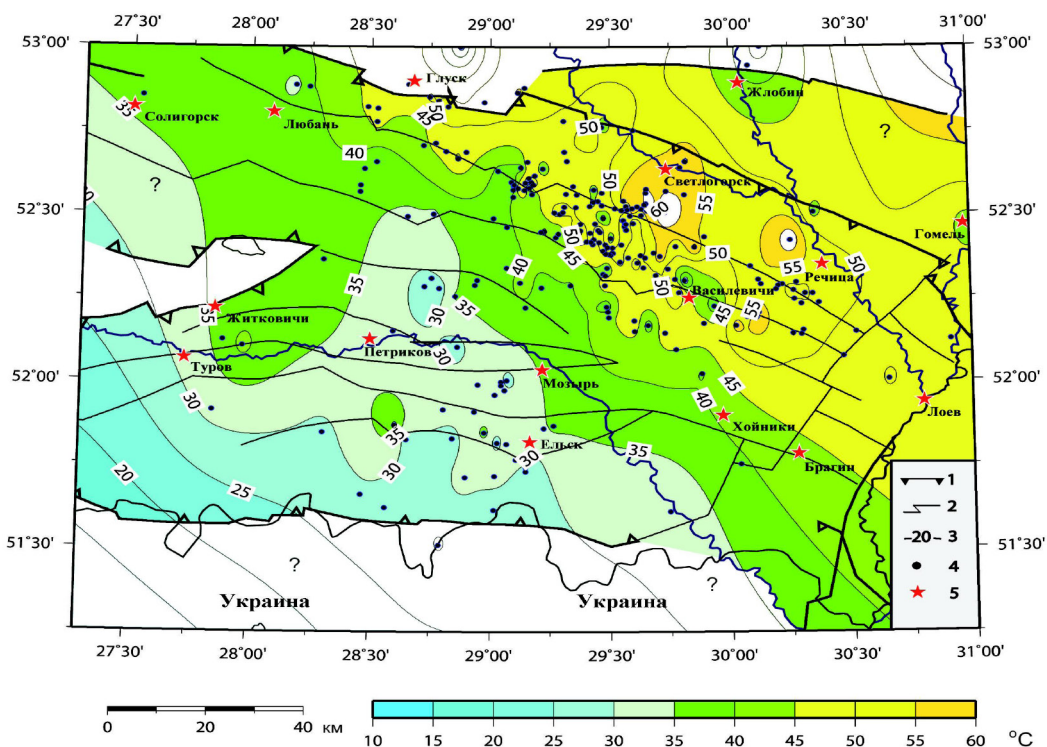


Рис. 2. Карта распределения температуры на глубине 2 км. Обозначения: 1, 2 – суперрегиональные и региональные разломы; 3 – изотермы; 4 – изученные скважины; 5 – населенные пункты; “?” – данные отсутствуют

зоны прогиба выделена изолинией 45°C с тремя локальными участками 55 и 60°C .

Увеличение температуры с 20 до 40°C происходит в направлении с запада и юго-запада на северо-восток. Ее фоновые значения заключены в интервале $35\text{--}40^{\circ}\text{C}$. Зона повышенных значений на западе простирается до г. Любань, где изотермы проведены неуверенно из-за нехватки данных, и уходит в пределы Днепровско-Донецкой впадины на юго-востоке. Она частично охватывает Северо-Припятское плечо и прослеживается в западной части Гремячского погребенного выступа за пределами страны. Аномалия в северной части Туровской депрессии выделяется повышенными значениями температуры $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ по трем скважинам, ее границы требуют уточнения. Локальная аномалия юго-восточной части структуры – Ельского грабена и Выступовичской ступени выделена изолиниями $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ по немногочисленным термограммам скважин.

Положительная аномалия более 45°C ориентирована вдоль Северо-Припятского разлома и располагается в северной и частично центральной зонах прогиба. Здесь имеется плотная сеть скважин с регистрацией термо-

грамм. На юго-востоке аномалия продолжается через Брагинско-Лоевскую седловину в Украину. Южнее и западнее Туровской депрессии выделяется зона низких значений температуры, простирающаяся в пределы Полесской седловины, Украинского щита и Луковско-Ратновского горста.

Распределение температуры на глубине 4 километра

В Припятском прогибе количество термограмм уменьшается с увеличением глубины и надежность построения карт снижается. Схема распределения температуры на глубине 4 км приведена на рис. 3.

Картосхема основана на термограммах менее 220 скважин, из них примерно в 200 случаях температура была экстраполирована и только в двух скважинах (Осташковичи-123 и Валавская-2) измерения до 4 км проведены при достаточной выстойке скважин после завершения бурения.

Тепловая аномалия северной зоны прогиба оконтурена изолинией 80°C внутри которой отдельные значения превышают $90\text{--}100^{\circ}\text{C}$. Полоса с температурами более 70°C продолжается в Днепровско-Донецкую

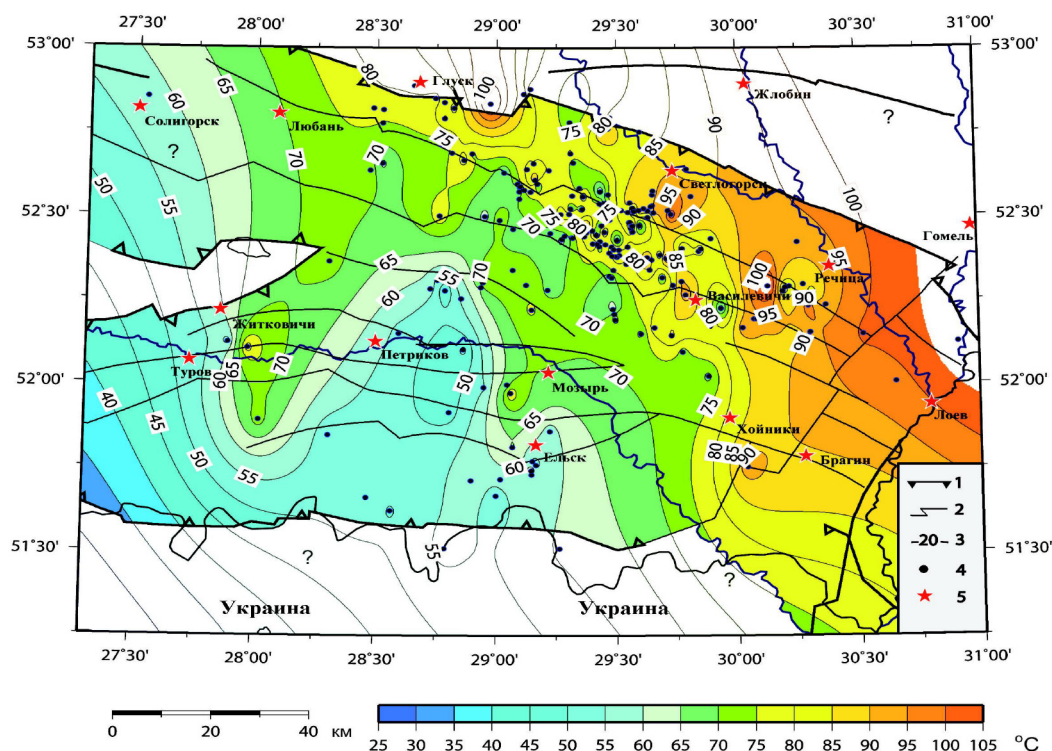


Рис. 3. Схема распределения температуры на глубине 4 км . Обозначения см. на рис. 2.

впадину и Гремячий погребенный выступ. За пределами Северо-Припятского разлома измерения на глубине 4 км отсутствуют и изотермы проведены путем экстраполяции. Глубина скважин в северной части Туровской депрессии не позволяет уверенно подтвердить аномалию даже по расчетным данным. Фоновые значения температуры представлены полосой 60–70°C. Южнее и западнее ее простирается более холодная зона, ее границы требуют уточнения. На всех картах и схемах с ростом глубины температурное поле сохраняет общие черты при росте температуры с глубиной.

Тепловой поток

Сложное распределение плотности теплового потока в пределах Припятского прогиба представлено на рис. 4, он изменяется в широких пределах от менее 40 до 100 мВт/м² и выше в ядрах соляных куполов.

Положительная геотермическая аномалия в северной зоне прогиба согласуется с направлением основных разломов и ориентирована вдоль северного краевого разлома. Она имеет продолжение за пределы прогиба Северо-Припятской ступени и в Оршанскую

впадину в направлении гг. Березино–Борисов (Березинско-Светлогорская геотермическая аномалия). Здесь выявлено контрастное тепловое поле. Важным фактором в формировании этой аномалии служит поступление тепла в подошву платформенного чехла по зонам глубинных разломов, подтверждающееся наличием в подземных водах региона повышенного содержания гелия [9].

Многие исследователи, изучавшие тепловое поле региона (Атрощенко П.П., Жук М.С., Зуй В.И., Левашкевич В.Г., Пархомов М.Д., Ходырева Э.Я., Цыбуля Л.А. и др.), отмечали увеличение с глубиной его интервальных значений из-за влияния: контраста теплопроводности горных пород, тектонических условий; фильтрации подземных вод и рассолов, радиогенной теплогенерации и др.

В южной и западной зонах прогиба происходит снижение потока. В окрестности же н.п. Василевичи он определен лишь для надсолевых отложений, где ощущается влияние приповерхностных факторов, что нашло отражение в пониженной плотности потока.

Радиогенная теплогенерация

Для оценки роли радиогенной теплогенера-

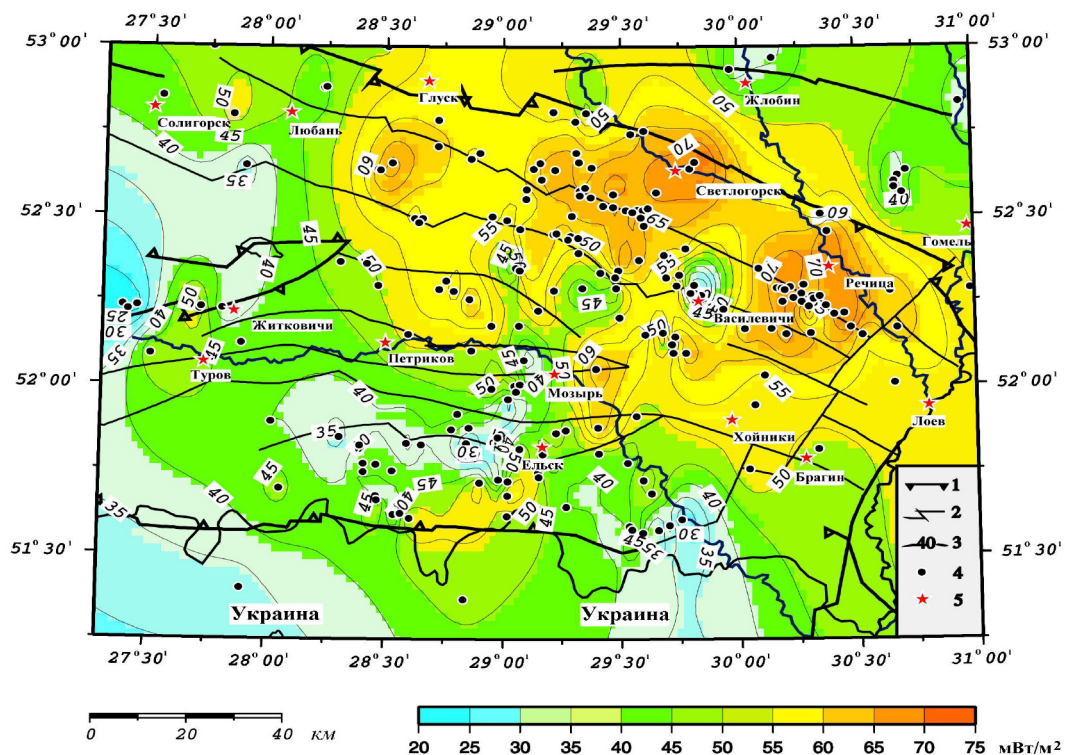


Рис. 4. Плотность теплового потока Припятского прогиба. Обозначения: см. на рис. 2.

ции изучена концентрация изотопов урана тория и калия по отдельным образцам кристаллического фундамента прогиба. При этом не выявлено ее однозначного соответствия с тепловым потоком. В некоторых случаях она согласуется с потоком, однако по ряду скважин северной зоны прогиба с потоком до 60–70 мВт/м² теплогенерация по изученным образцам оказалась низкой. Ее повышенные значения в этой зоне прогиба отмечены в скв. Барсуки 60 (2.15 мкВт/м³) и Судовица 7 (5.5 мкВт/м³). Для других изученных по малому количеству образцов скважин она снижается от 0.56–1 мкВт/м³ при повышенном тепловом потоке. Видимо, здесь поступление тепла в подошву чехла по сети глубинных разломов влияет больше на тепловой поток, чем радиогенная теплогенерация. Это также согласуется с повышенным содержанием гелия в подземных водах [9].

Влияние соляной тектоники

Существенное влияние на величину потока оказывает соляная тектогенез. Перераспределение значений потока рассмотрим на примере Тишковского соляного купола. Для этого были определены его интервальные значения

в скважинах вдоль приведенного профиля, рис. 5. Затем построены изолинии потока с использованием известного программного пакета GMT (Generic Mapping Tools). В верхней части разреза до юрских отложений поток изменяется от 20 до 40–50 мВт/м². На глубине более 1200 м он возрастает до 60–70 мВт/м². Наибольшие его изменения происходят в теле соляного купола. В ядре криптодиопира плотность потока может превышать 100 мВт/м². Это вызвано контрастом теплопроводности каменной соли и терригенных пород. По мере удаления от купола тепловой поток снижается, приближаясь к фоновым значениям.

Тепловой поток и месторождения нефти

На рис. 6 приведено соотношение площадного распределения выявленных нефтяных месторождений в Припятском прогибе с плотностью теплового потока. В пределах Василевичской структуры изучена плотность теплового потока в мелких скважинах лишь для надсолевых отложений, где их интервальные значения занижены вследствие влияния, прежде всего – циркуляции подземных вод, и их значения при построении изолиний потока на рис. 6 были опущены.

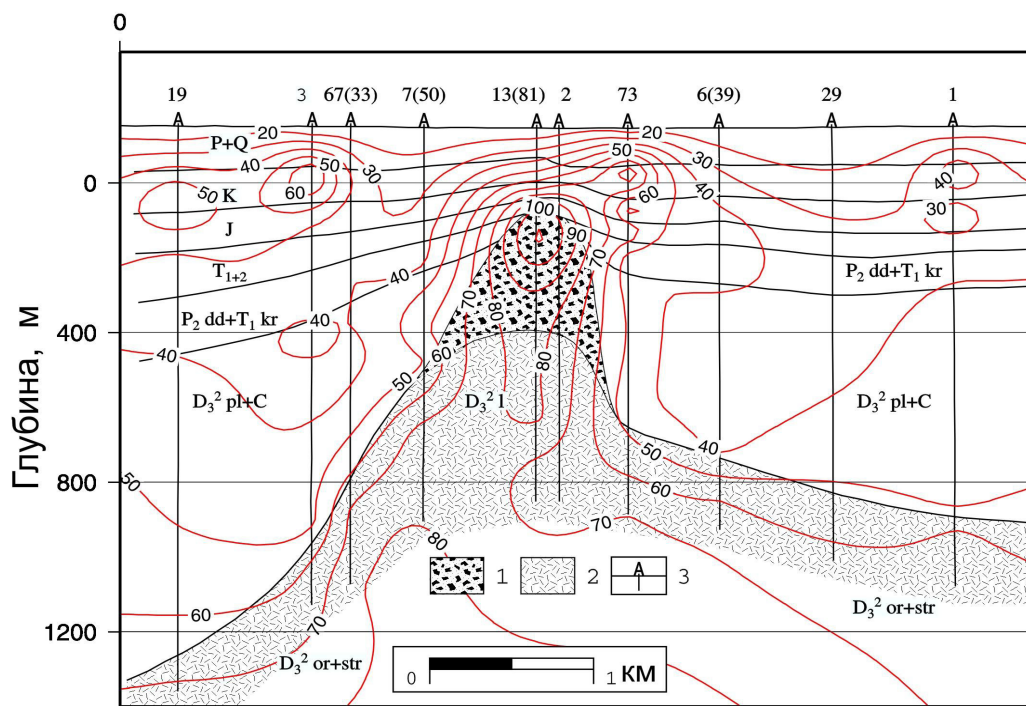


Рис. 5. Геолого-геотермический разрез через Тишковский соляной купол и характер изменения плотности теплового потока в его окрестности. Форма купола – по П.Б.Цалко, изолинии потока – В.И.Зуй, по интервальным значениям М.С.Жука [10]: 1 – породы кепрока; 2 – отложения каменной соли; 3 – буровые скважины

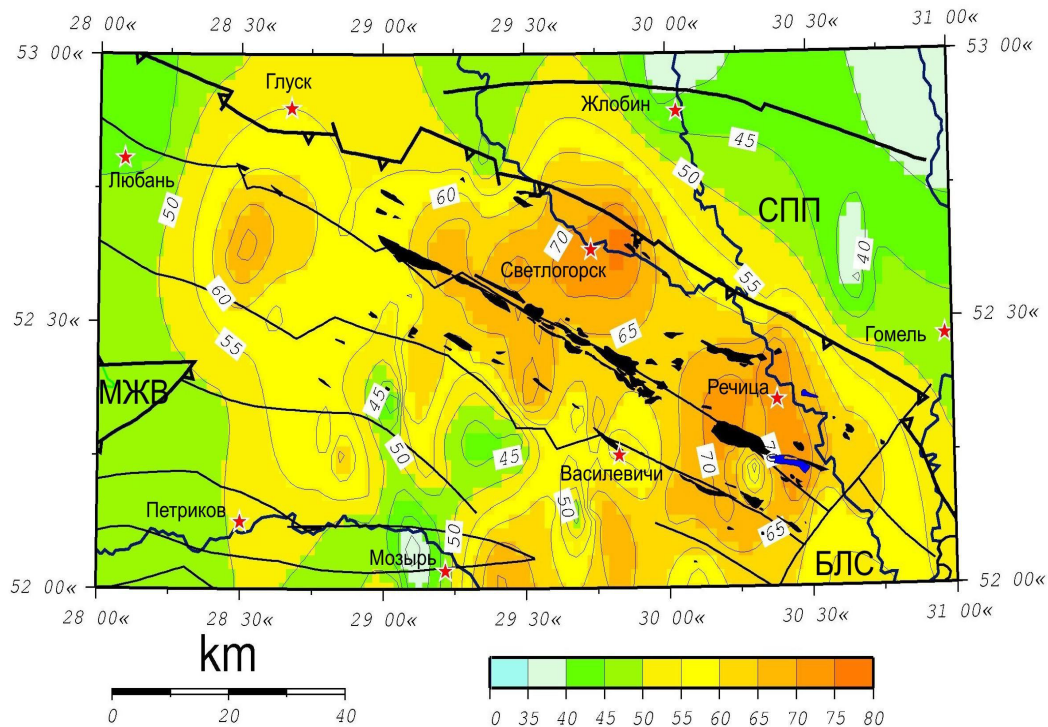


Рис. 6. Соотношение площадного распределения плотности теплового потока (мВт/м^2) и месторождений нефти в Припятском прогибе. Обозначения: БЛС – Брагинско-Лоевская седловина, МЖВ – Микашевичско-Житковичский выступ, СПП – Северо-Припятское плечо. Синим цветом показаны Красносельское и Западно-Александровское газоконденсатные месторождения

Заключение

1 – Припятский прогиб является наиболее изученной в геотермическом отношении структурой в пределах Беларуси. Строение его платформенного чехла, достигающего в пределах отдельных блоков 4–5,5 км, осложнено соляной тектоникой, влияющей на распределение параметров теплового поля.

2 – В региональном плане тепловое поле прогиба характеризуется отчетливо выраженной неоднородностью. Значения температуры на сопоставимых глубинах возрастают от южного борта, западной и юго-западной частей структуры в направлении Северо-Припятского разлома приблизительно в два раза. Эта особенность прослеживается как на глубинах 2, так и 4 км.

3 – Плотность теплового потока в Припятском прогибе изменяется от 35–40 в западной и южной частях структуры до 70–80 мВт/м^2 в его северной зоне, достигая в ядрах соляных куполов высоких значений 100–110 мВт/м^2 .

4 – Сравнение расположения разведанных месторождений нефти с плотностью теплового потока показывает, что эти залежи находятся внутри участков структуры, ограниченной изолинией потока 55 мВт/м^2 и более. Основное же их количество соответствует территории, окруженной изолиниями 60–75 мВт/м^2 . В полосе между изолиниями 55–60 мВт/м^2 выявлено только около 10 небольших залежей нефти. Газоконденсатным месторождениям Красносельское и Западно-Александровское соответствует зона с повышенным тепловым потоком до 65–75 мВт/м^2 .

5 – Как отмечалось рядом исследователей, большинство нефтяных месторождений приурочены к Речицко-Вишанскому, Малодушинско-Червонослободскому и Северному бортовому разломам.

6 – Распределение нефтяных залежей в прогибе тесно связано с тепловым состоянием продуктивных пластов, а плотность теплового потока следует рассматривать в качестве дополнительного нефтепоискового критерия.

Список литературы

1. Богомолов Г.В., Цыбуля Л.А., Атрощенко П.П. Геотермическая зональность территории БССР. – Минск: Наука и техника, 1972. – 216 с.
2. Пархомов М.Д. Тепловой режим Припятского прогиба // Сейсмологические и геотермические исследования в Белоруссии: сб. науч. ст. / Ин-т геохимии и геофизики АН БССР; под науч. ред. Р.Г. Гарецкого. Минск, 1985. С. 124–130.
3. Цыбуля Л.А., Левашкевич В.Г. Тепловой поток в Припятском прогибе и причины его неоднородности // Геологический журнал. 1990. № 4. С. 19–26.
4. Зуй В.И., Жук М.С., Козел В.П. Каталог теплового потока Белоруссии // Сейсмологические и геотермические исследования на западе СССР: сб. науч. тр. / Ин-т геологии, геохимии и геофизики АН Б; редкол.: Р.Г.Гарецкий (гл. ред.) [и др.]. Минск, 1993. С. 220–229.
5. Зуй В.И., Жук М.С. Тепловое поле геологических структур Беларуси // Литосфера. 2006. №2 (25). С. 111–127.
6. Зуй В.И. Тепловое поле платформенного чехла Беларуси. Минск, 2013. 256 с.
7. Протасеня Д.Г. О некоторых вопросах гидро- и термодинамики Припятского грабена // Материалы конференции молодых ученых АН БССР / АН БССР. Минск, 1962а. С. 193–199.
8. Протасеня Д.Г. Некоторые закономерности геотермики глубоких частей Припятского прогиба // Докл. АН БССР. 1962б. Т. 6, № 1. С. 49–52.
9. Поляк Б.Г. Тепломассопоток из мантии в главных структурах земной коры. Москва: Наука, 1988. 192 с.
10. Zhuk M., Tsalko P., Zui V. Lateral and Vertical Heat Flow Features within Central Part of the Pripyat Trough // The Earth's thermal field and related research methods: proceedings of the International Conference, Moscow, 17–20 June 2002. P. 300.